专题：青藏高原综合科学研究进展
Progress of Comprehensive Scientific Research on Tibetan Plateau, China

青藏高原自然灾害发育现状与未来关注的科学问题*



崔 鹏[1,2] 贾 洋[1,3] 苏凤环[1] 葛永刚[1] 陈晓清[1,2] 邹 强[1]

1 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室/
中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041
2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心 北京 100101
3 中国科学院大学 北京 100049

摘要 青藏高原构造隆升强烈、地形地貌复杂、气候敏感多变，是地震、泥石流、崩塌、滑坡、冰湖溃决、山洪、雪灾、干旱和冻胀融沉等灾害的多发区。受区域地质构造、地形条件、水文气象和人类活动影响，青藏高原自然灾害的分布呈现为沿断裂构造带密集分布、沿深切的高山峡谷区成带状分布、地带性分布、在高强度人类活动区集中分布的特征。灾害活动呈现高强度与高频率、突发性、季节性、准周期性、群发性和链生性的特点。在气候变暖与地壳运动活跃的环境背景下，青藏高原自然灾害的危险性逐渐加剧，灾害风险也会随着人口数量和社会经济水平提升不断增加。进而分析了当前青藏高原自然灾害成灾机理、灾害防治以及风险管理等方面所面临的问题，并在此基础上提出成灾因素变化与灾害发育的区域规律、自然灾害动力学过程与灾变机理、气候变化与地震耦合作用下的巨灾演化规律、青藏高原自然灾害风险评估与风险管理、适宜高寒区特点的监测预警和防治关键技术等未来应该关注的科学技术问题以及需要开展的相应工作。

关键词 青藏高原，自然灾害，灾害风险，气候变化，构造运动

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2017.09.008

*资助项目：国家自然基金国际合作与交流项目（41520104002），中科院前沿科学重点研究项目（QYZDY-SSW-DQC0 06），中科院科技服务网络计划（STS计划）（KFJ-EW-STS-094）
修改稿收到日期：2017年9月18日

青藏高原是全世界海拔高差最大、构造隆升与地震活动最强烈、气候变化影响最显著的地区，自然条件有利于自然灾害发育，灾害数量多、规模大，往往形成灾害链，造成巨灾，对区域范围内经济影响极为严重[1]。同时，该地区还是经济相对落后、贫困人口比例高的边疆高寒地区以及我国的战略高地。量大面广、暴发频繁的自然灾害对社会、经济、政治和国防影响巨大。

为了社会经济发展、政治稳定和国防安全，国家在青藏高原启动了一系列基础设施建设、生态保护和民生工程项目。在交通运输方面，拟在青藏高原规划建设川藏与滇藏铁路、川藏高速公路、南亚陆路环线大通道；在商贸旅游方面，计划依托樟木、吉隆、普兰和亚东口岸建设，在喜马拉雅南坡拓展孟中印缅经济走廊，实施“一带一路”在南亚的建设；在水能开发方面，规划建设跨界河流——雅鲁藏布江中下游河段梯级水能基地，规划总装机容量达8 000多万千瓦；在国防和边境安全规划上，拟加强边民生活设施建设和精准扶贫；在山区城镇村庄发展规划方面，拟开发利用山洪泥石流堆积扇，缓解城镇建设用地紧张局面；同时，大范围推进高原与江河源生态保护工程。上述重大项目和民生工程，无不受到区域自然灾害的制约，因而开展青藏高原灾害考察与防治具有重要的战略意义。

1 青藏高原自然灾害的类型与分布

1.1 自然灾害主要类型

青藏高原断裂构造十分发育，新构造活动强烈，地层岩性复杂多变，风化剥蚀作用极强，岩体破碎，水汽交换强烈，为自然灾害提供了良好的孕灾条件。灾害类型主要包括：地震、泥石流、崩塌、滑坡、冰湖溃决、山洪、雪灾、干旱和冻胀融沉等。青藏高原自然灾害总体上点多面广，具体分布见图1。

1.2 自然灾害分布特征

受区域构造活动、地形地貌、水热条件和人类活动影响，青藏高原自然灾害的分布具有4个特征。

1.2.1 沿断裂构造带密集分布

青藏高原地壳运动活跃，地表隆升强烈，中国大陆里氏6.0以上地震主要集中在青藏高原。青藏高原地震活

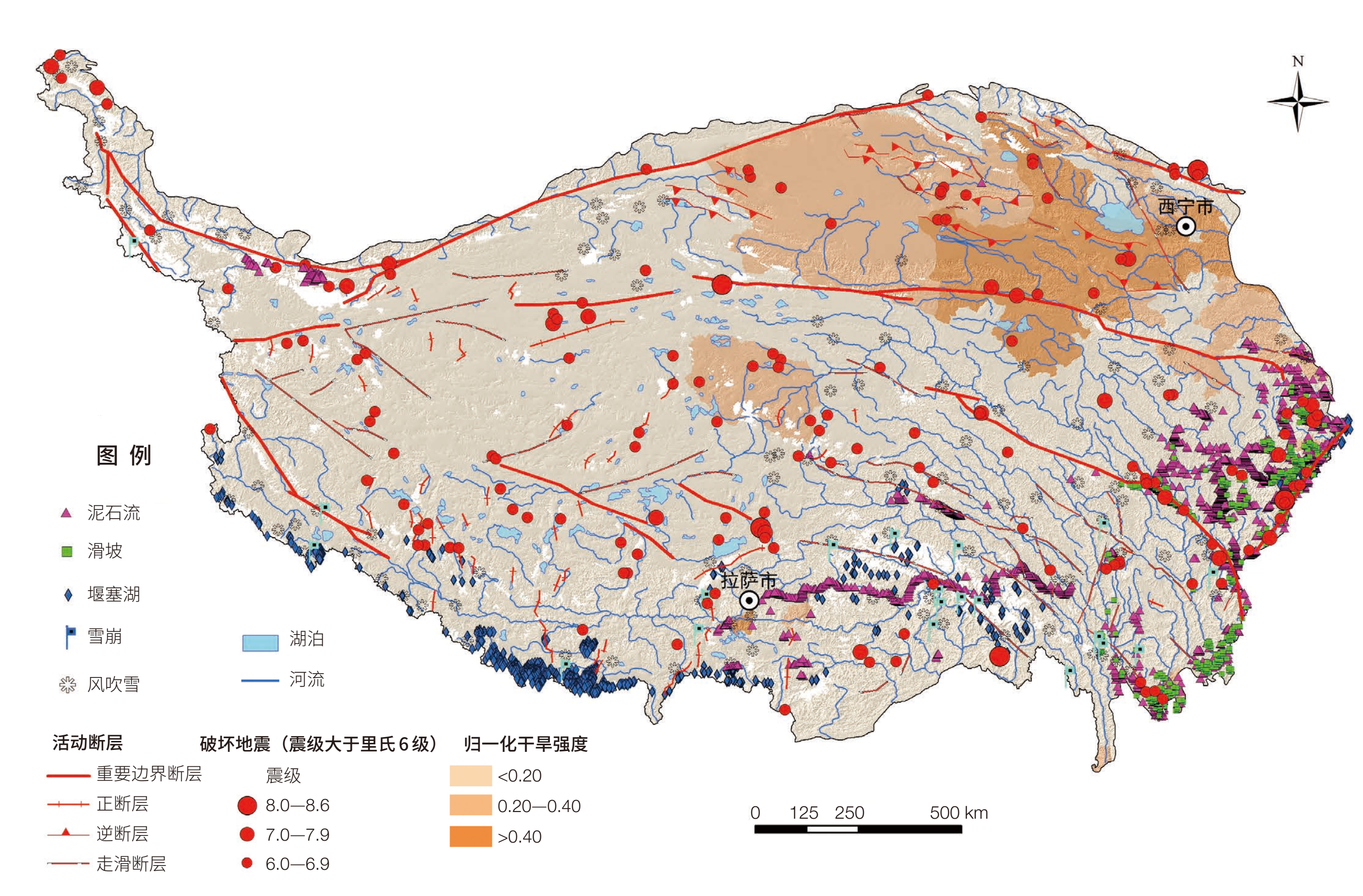


图1 青藏高原自然灾害分布图

动沿东西向弧形构造呈带状分布，密集分布在喜马拉雅板块边界构造带和板内断块区及其次级断块的边界活动构造带上[2]。

断裂带中的岩体破碎，裂隙发育，利于崩塌、滑坡等次生灾害的形成，同时为泥石流活动提供了丰富的松散固体物质条件。特别是地震烈度大于8度的地震，极易诱发次生山地灾害，如1950年的察隅地震（M_S=8.6）和2008年的汶川地震（M_S=8.0），震后诱发的崩塌、滑坡和泥石流等次生灾害沿断裂构造带密集分布，仅汶川地震区就在同震期间发生了2 300余处滑坡和崩塌[3]。

1.2.2 沿深切的高山峡谷区成带状分布

高山峡谷区由于河流的强烈下切作用，导致地形陡峭，高差大，位能条件好，岩石和土体容易失稳下滑，诱发崩塌、滑坡等灾害发生；高山峡谷区由于地形抬升作用，使得局地性暴雨频发，提供了有利于泥石流和洪水发育的条件。因此，高山峡谷区具有山地灾害最有利的孕灾条件组合，导致灾害在河谷内成带状分布。例如，川藏公路穿越著名的横断山高山峡谷区和帕隆藏布流域，沿线山地灾害非常发育，成为影响交通的主要灾害类型。

1.2.3 地带性分布

（1）水平地带性分布。受印度洋季风影响，青藏高原每年5—9月雨水颇丰，集中了全年80%的降水。由于全区水汽分布不均，易发生大面积干旱和洪涝灾害。青藏高原的干旱主要分布在以拉萨为中心的那曲地区南部、日喀则地区和山南地区的大部；青海省东北部以及川西高原、西藏东北部和青海交界的广大地区。洪涝灾害主要发生在青藏高原东部的昆仑山东段、祁连地区以及喀喇昆仑山西段和高原东南边缘部分地区，藏南谷地次之。而青藏高原大范围的雪灾主要发生在东部积雪年际波动最显著的地区，有两个雪灾高发中心：一个是靠近喜马拉雅山的西藏山南地区，尤其是仲巴县、萨嘎县、吉隆县、聂拉木县、定日县，平均每年都会有1—2次雪灾，是我国雪灾发生频率最高的地方；另一个是位于青海南部与川西北的交界地区，以青海玛多县、称多县，四川石渠县最为严重[4]。

（2）垂直地带性分布。青藏高原东南和南部边缘，地形高差巨大，自然条件形成明显的垂直地带[5]，孕灾条件特别是水热条件呈现垂直地带的特点，从而也导致山地灾害发育和分布表现出垂直地带性。以帕隆藏布流域为例，在海拔4 500—4 700 m的雪线附近，冰川活跃，形成大量冰湖，同时也集中分布以冰川融水补给为主的冰川型泥石流；对于海拔低于3 500 m的山谷，主要发育以降水补给为主的暴雨型泥石流。滑坡分布也具有类似规律，在高海拔山区，主要发育受冻融作用影响的冻融型滑坡；而在较低海拔峡谷区，多产生降雨型滑坡。

1.2.4 灾害在高强度人类活动区集中分布

随着人口的增长和工程建设项目的增多，人类工程活动对斜坡变形灾害的诱发作用日益增强。在高原山区公路、铁路、水电、矿山和城镇建设中，大量的边坡开挖、弃渣、堆填等工程活动往往引起边坡失稳，水文条件改变，导致滑坡和泥石流发生。例如，川藏公路沿线（南线和北线）的成灾泥石流数量高达1 000多条，主要分布在伯舒拉岭以东的横断山区和西部藏东南地区的公路沿线。

2 青藏高原自然灾害的活动特征及其危害

青藏高原自然灾害总体上表现出：高强度与高频率、突发性、季节性、周期性、群发性和链生性的特点。

2.1 高强度与高频率

青藏高原是我国现代构造活动和地震活动最强烈的地区，自有地震记录以来，在高原内记录到多达18次里氏8级以上巨大地震和100余次里氏7—7.9级地震。近50年来，青藏高原里氏7级以上地震多达40余次，历史最高震级达里氏8.6级（1950年察隅地震）[2,6]。此外，青藏高原周边高强度地震也频频发生，造成人员伤亡及社会经济损失。例如，2015年4月25日14时11分，

在青藏高原喜马拉雅山南坡尼泊尔境内发生里氏8.1级地震，震源深度20 km。地震发生一周内，共造成我国西藏自治区26人遇难，3人失踪，856人受伤；大量房屋倒塌和破坏，道路、通讯等生命线工程及水利等基础设施损坏严重（图2a）。

2.2 突发性

受地震活动和极端气候的影响，青藏高原区域内冰湖溃决、冰崩雪崩、泥石流、崩塌、滑坡等自然灾害的发生过程表现为突发性特征。以泥石流为例，其活动的突发性表现在暴发突然，历时短暂，一场泥石流过程从发生到结束一般仅几分钟到几十分钟，在流通区的流速可高达30 m/s以上。这种突发性使得准确预报预警困难，难以进行有效预防。如1987年7月14日，由于冰川跃动，大约3.6×10^5 m^3的冰体脱离冰舌滑入米堆沟光谢错，使得湖水平均上涨1.4 m并形成涌浪，导致冰碛堤突然溃决；冰湖排空前后仅持续2小时，洪水侵蚀沿途的松散固体物质转化为稀性泥石流，演进迅速。由于没有充分时间进行有效预防，泥石流卷走了沟内的米堆村，冲毁大量农田，同时冲毁了下游27 km长的川藏公路路基。

2.3 季节性

泥石流、滑坡、洪水等自然灾害的暴发主要是受连续降雨、暴雨，尤其是特大暴雨的激发。因此，灾害发生的时间与集中降雨时间相一致，具有明显的季节性。滑坡、泥石流多发生在每年6—9月，据不完全统计，发生在这4个月的泥石流灾害约占该地区全部泥石流灾害的90%以上。

从雪灾发生季节来看，主要集中在冬季，以11月至次年2月间居多[7]，也有个别年份一直到次年5月甚至6月还有雪灾，而跨年越冬的大雪灾一般是特大雪灾。例如，2009年5月25日至6月1日，那曲地区出现大面积降雪，平均积雪厚度10 cm，最厚处达50 cm，造成58 857头牲畜死亡（图2b）。

根据发生时间的不同，青藏高原的旱灾可以分为春旱和夏旱。春旱主要是因为该地区每年3—5月份降水量明显偏少，太阳辐射强，加上风力大、蒸发力强所引起的干旱。夏旱一般发生在每年6—8月份，主要是由于雨季开始时间偏晚，或者雨季中发生间歇性干旱[4]。

受气温变化影响，青藏高原的常年冻土活动层厚度以及季节性冻土面积变化也表现出较强的季节性特征。

2.4 准周期性

由于受地震、地震影响固体物质和气候波动（气温和降水）的影响，滑坡、泥石流等灾害活动具有波动性和一定的周期性。当极端气候与地震活动相叠加时，常形成泥石流滑坡活动的高潮期。例如，古乡沟泥石流在1953年首次发生后，其后又发生50余次，造成318国道多次断道，并造成车辆被掩埋（图2c）。

统计结果表明，青藏高原的雪灾存在大约以3年为周期的活动规律。如青藏高原北部1985—1986年、1988—1989年、1992—1993年和1995—1996年连续发生周期性的雪害。

对于地震灾害来说，20世纪以来，青藏高原北部地区里氏7级以上地震活动可以分为3个阶段：1920—1962年，里氏7级以上地震发生间隔较小，平均6年1次；1963—2000年，里氏7级以上地震发生间隔变大，平均13年1次；2001—2012年，由于时间较短，仅发生2次里氏7级以上地震，发生间隔为8.5年[8]。

2.5 群发性

青藏高原孕灾条件较好，灾害易发性高，在同一激发因素（如降雨）作用下，常常在较大区域内同时发生大量灾害，特别是泥石流、崩塌、滑坡等灾害活动呈现出明显的群发性。例如，1979年滇西北怒江州六库、泸水、福贡、贡山和碧江5个县40余条沟同时暴发泥石流，形成近30年来泥石流暴发最多和最严重的群发性泥石流灾害。

2.6 链生性

受地形条件限制，不同灾种之间在一定条件下能够相互激发和转换，形成灾害链，导致灾害在时间和空间上的延拓。例如，2000年4月9日发生在西藏波密县易贡滑

坡就是典型的滑坡→堰塞湖→溃决洪水→泥石流灾害链事件（图 2d），并造成大峡谷下游印度境内 30人死亡，100 多人失踪，5 万人无家可归，20 多座桥梁被毁[9]。

3 青藏高原灾害发展趋势与灾害风险

3.1 气候变暖与地壳运动活跃加剧灾害危险

过去 50 余年，青藏高原极端气温（极端高温、极端低温）和极端降水事件发生频率呈现不同程度的上升趋势[10-13]。且在未来的 100 年内，青藏高原的气温和降水将呈现持续增加的基本趋势[14]。随着气候变暖，青藏高原多年冻土活动层正逐年增厚，同时冻土层上限温度也以约 0.3℃/10 年的幅度升高，导致部分地区冻土严重退化。在高山峡谷区，高温天气加速冰雪消融，增加地表径流；增大冰雪融水与高强度降雨的叠加概率，改变局地水文条件，更易造成松散土体（冰碛物）破坏和冰湖溃决，形成山地灾害。另外，青藏高原降水整体呈增加趋势，由于降水空间分布不均以及水汽垂直差异，导致较高海拔地区遭受暴雪的可能性增强；而较低海拔地区，则由于降水减少，加之气温不断上升，受到土壤沙化和干旱的胁迫程度有所增加[15]。此外，研究表明，自1900 年有地震仪器记录以来，青藏高原经历了3次地震活动丛集高潮，即1920—1937年、1947—1976 年和 1955 年至今。受全球地震活动高潮期影响，在未来一定时期内，青藏高原，尤其是巴颜喀喇断块、青藏高原南部地区和南北带中南段，很有可能发生里氏 7 级以上地震[6]。总体来看，青藏高原自然灾害未来危险度（H）趋于增高。

3.2 人口和经济增长导致灾害风险增加

据西藏自治区 2012 年统计年鉴[16]，1951—2007 年，



图 2 自然灾害对社会经济造成严重危害

（a）尼泊尔地震摧毁西藏樟木镇民房；（b）那曲雪灾危害当地畜牧业（那曲新闻网）；（c）古乡沟泥石流掩埋车辆，阻断交通；（d）易贡错溃决后的右坝肩高达数十米，溃决洪水水位高达 55 m，洪峰流量达 12×10⁴ m/s

西藏全区人口总数呈持续增长趋势；至2007年底，人口数量翻了一番多，达273.59万人。过去50年间，全区GDP呈稳定增长趋势。改革开放，特别是中央第三、四次西藏工作座谈会以来，西藏自治区全区经济发展更加迅速，2007年全区生产总值达到342.19亿元。由于人口和经济的高密度区与自然灾害的高危险区在空间上的重叠[12]，作为承灾体的经济和人口，其体量越大，一旦受灾害，损失概率会越大，即易损性（*V*）越大。因此，青藏高原未来的灾害风险（*R*）将随着灾害危险度（*H*）和易损度（*V*）的增加而显著增加（图3）。

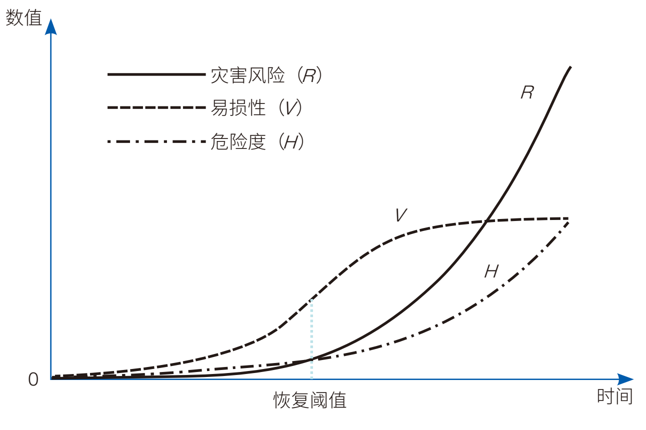


图3 自然灾害风险示意图（T为时间，N为数值）

4 青藏高原防灾减灾面临的问题

由于青藏高原区域广袤，财力不足，科技水平欠缺，减灾能力非常薄弱，远远不能满足量大面广、危害严重、风险日益增加的自然灾害。目前自然灾害防治存在的问题主要有5点。

（1）孕灾环境与成灾过程复杂，对自然灾害物理机制认识不足。基于板块构造运动和极端气候的影响，特别是藏东南和喜马拉雅山区地震多发，冻融作用和干湿循环加剧，气象和地震灾害频繁。在地震和极端气候驱动下的崩塌、滑坡、泥石流、冰湖溃决和洪水等自然灾害成因复杂，目前还缺乏对其物理过程的明确认识和定量描述，难以有效的预测灾害。

（2）低频率大规模灾害防治困难。低频率大规模的泥石流、冰湖溃决和滑坡灾害难以进行工程治理，而诱发灾害的水源包括暴雨、冰雪融水和冰湖溃决等多种因素，预警指标难以确定，使得非工程监测预警精度不高。

（3）大型灾害应急防灾技术短缺。由于大规模灾害发育于绵延数千公里的山区，灾害调查技术、判识技术和处置技术均无法满足灾害应急处置判别准确、处置快速的要求。

（4）防灾减灾的理论研究还难以适应防灾减灾的需要。青藏高原自然灾害规模特大，暴发突然，影响范围广，泥石流、滑坡、冰湖溃决等灾害的研究与区域强地震和气候变化联系紧密，与区域地壳隆升、地表剥蚀的地表过程相关联。因此，亟须加强自然灾害形成机理与基于机理和过程的灾害防治新模式研究，以支撑减灾防灾工作。

（5）减灾工作缺乏全面的基础数据与系统的规划。由于青藏高原缺乏专业技术力量，不同灾害由不同部门主管，迄今还没有对西藏自治区全区开展系统全面的自然灾害综合考察。自然灾害本底资料的缺乏，导致目前还没有制定全区自然灾害防灾减灾规划，严重影响自治区防灾减灾的战略部署。

5 需要关注的防灾减灾科学技术问题与未来开展工作

5.1 需要关注的防灾减灾科学技术问题

针对目前青藏高原自然灾害的特点，以及当前该地区防灾减灾存在的问题和未来风险，今后应关注以下科学技术问题：

（1）成灾因素变化与灾害发育的区域规律；

（2）自然灾害动力学过程与灾变机理；

（3）气候变化与地震耦合作用下的巨灾演化规律；

（4）青藏高原自然灾害风险评估与风险管理；

（5）适宜高寒区特点的监测预警和防治关键技术。

5.2 未来开展工作

围绕以上科学技术问题，未来需要从以下几方面开展工作：

（1）系统调查青藏高原自然灾害，建立基础数据库。对青藏高原自然灾害进行全面系统考察，调查青藏高原历史上发生的主要自然灾害类型，完善灾害规模、频率、成因、性质等属性特征。补充成灾环境（水文、生态、气候、地质、地形、社会经济等）基础资料及多源、多种分辨率的遥感（光学、InSAR、LiDAR）数据，建立一套较为完整的青藏高原自然灾害基础数据库。

（2）孕灾环境及其变化特征。分析青藏高原不同类型自然灾害发育的土壤岩性、地质构造、地形地貌、气候气象、水文、生态等孕灾条件，确定关键致灾因子，揭示不同类型灾害成灾环境的现状与变化趋势。

（3）揭示灾变机理与灾害发展趋势。分析青藏高原不同类型自然灾害的时间和空间分布特征和活动特征，考虑极端气候变化和超强地震活动对灾害发育的影响，构建地球内动力（构造运动）和外动力（气候变化）共同驱动的灾害灾变机理模型。结合社会经济发展与工程扰动，预估灾害发展趋势。

（4）灾害风险分析与减灾需求。在前述调查工作的基础上，分析未来青藏高原不同种类自然灾害的风险与应对能力及其适应性，并结合区域社会经济和国防发展的需要，提出未来减灾需求。

（5）加强自然灾害监测预警。建立“天-地-空”一体化自然灾害监测技术和监测网络，获取区域范围尺度的观测资料。对重大灾害、潜在灾害进行长时间序列的监测，在典型灾害密集分布区，布设监测网，全面监测地表数据（沉降变形，板块位移，气象，土壤水等）。

（6）完善灾害防治技术。了解青藏高原自然灾害防治的技术现状，总结减灾模式、技术及其经验，分析现有技术的不足，改进灾害防治工程设计参数确定方法，发展适宜高寒区的灾害治理优化设计技术，提高灾害治理水平。

6 结语

青藏高原自然灾害类型多样，分布广泛，活动频繁且危害严重，对当地社会经济发展及人员生命安全构成巨大威胁。由于精准调查及观测数据匮乏，在针对青藏高原不同种类的自然灾害研究中，灾害机理的定量认知比较欠缺；同时，也需要发展针对青藏高原特殊环境条件的减灾技术。建议在第二次青藏高原综合科学考察研究中，除系统考察获取基础数据和研究灾害机理过程以外，还应注重分析青藏高原减灾技术能力现状与已经取得的减灾成就和经验，结合自然灾害的孕灾特点、活动规律、发展趋势与未来风险，考虑区域社会经济发展目标和国家重大工程与国防需求，分析确定青藏高原未来防灾减灾需求，提出减灾对策。

参考文献

1 崔鹏, 苏凤环, 邹强, 等. 青藏高原山地灾害和气象灾害风险评估与减灾对策. 科学通报, 2015, 60(32): 3067-3077.
2 陈立军. 青藏高原的地震构造与地震活动. 地震研究, 2013, 36(1): 123-131.
3 崔鹏. 长江上游山地灾害与水土流失地图集. 北京: 科学出版社, 2015.
4 高懋芳, 邱建军. 青藏高原主要自然灾害特点及分布规律研究. 干旱区资源与环境, 2011, 25(8): 101-106.
5 姚令侃, 邱燕玲, 魏永幸. 青藏高原东缘进藏高等级道路面临的挑战. 西南交通大学学报, 2012, 47(5): 719-734.
6 邓起东, 程绍平, 马冀, 等. 青藏高原地震活动特征及当前地震活动形势. 地球物理学报, 2014, 57(7): 2025-2042.
7 邹志伟. 西藏雪灾对高原牧业的影响探析（1824—1957）. 西北大学学报: 自然科学版, 2011, 41(6): 1059-1063.
8 陈春梅, 任雪梅. 青藏高原北部地区7级以上地震前地震活动特征. 防灾减灾学报, 2015, 31(2): 24-29.
9 韩金良, 吴树仁, 汪华斌. 地质灾害链. 地学前缘, 2007, 14(6): 11-23.
10 吴国雄, 段安民, 张雪芹, 等. 青藏高原极端天气气候变化及其环境效应. 自然杂志, 2013, 35(3): 167-171.
11 杜军, 路红亚, 建军. 1961—2010年西藏极端气温事件的时空

变化. 地理学报, 2013, 68(9): 1269-1280.

12 崔鹏, 陈容, 向灵芝, 等. 气候变暖背景下青藏高原山地灾害及其风险分析. 气候变化研究进展, 2014, 10(2): 103-109.

13 Cui P, Jia Y. Mountain hazards in the Tibetan Plateau: research status and prospects. National Science Review, 2015, 2(4): 397-399.

14 陈德亮, 徐柏青, 姚檀栋, 等. 青藏高原环境变化科学评估：过去，现在与未来. 科学通报, 2015, 60(32): 3025-3035.

15 中国科学院. 西藏高原环境变化科学评估. [2015-11-18]. http://www.cas.cn/yw/201511/P020151118312972562167.doc.

16 西藏自治区统计局. 西藏统计年鉴. 北京：中国统计出版社, 2012.

Natural Hazards in Tibetan Plateau and Key Issue for Feature Research

Cui Peng[1,2] Jia Yang[1,3] Su Fenghuan[1] Ge Yonggang[1] Chen Xiaoqing[1,2] Zou Qiang[1]

(1 Key Laboratory of Mountain Hazards and Earth Surface Processes, Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2 Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract The Tibetan Plateau, with the features of strong tectonic activities, complex geomorphology, and changing climate, is being highly prone to the occurrence of natural hazards, such as earthquakes, debris flows, glacial lake outburst, torrential floods, landslides, avalanches, snowstorm, and drought. Affected by regional tectonic activities, topography, climatic conditions, and human activities, these hazards are mainly distributed along the fault zones, the deep-incised valleys, and the regions highly disturbed by engineering construction. Moreover, the occurrence of different hazards shows up the characteristics of high frequency, outbreak, seasonality, quasi-periodicity, agminate appearance, and hazard chain. In addition, frequency and scale of mountain hazards are supposed to get higher for the climate warming and active crustal movement, which increases the risk of disasters. Meanwhile, the increasing density of population and economy will make the situation of vulnerability and risk worse. The current deficiency of the theoretical comprehension, forecasting and prevention technology, protection strategy, and risk management for natural hazards in the Tibetan Plateau has been analyzed and sorted. Furthermore, we propose the topics that are worthy of more attention in the future research, including the change of formative factors and the regional law of hazard formation, dynamic process and mechanism of hazards, evolution of catastrophe caused by the coupling of climate change and earthquake, risk assessment and risk management, monitoring and prevention technology concerning the alpine environment in Tibetan Plateau.

Keywords Tibetan Plateau, natural hazards, disaster risk, climate change, tectonic activities

崔 鹏 中科院院士，研究员。现任中国地理学会副理事长、中国水土保持学会副理事长、国际灾害风险综合研究计划（IRDR）科学委员会委员与中国委员会副主任、*Journal of Mountain Science*主编。主要从事泥石流、滑坡等山地灾害与水土保持等方面的研究。E-mail: pengcui@imde.ac.cn

Cui Peng Professor, Academician of Chinese Academy of Sciences. He serves as Vice President of Geographical Society of China, Vice President of Chinese Society of Water and Soil Conservation, Science Committee member of Integrated Research on Disaster Risk (IRDR) and Vice Director of IRDR-China, Editor-in-Chief for *Journal of Mountain Science*. His research focuses on geo-hazards (debris flow and landslide), erosion and sediment yield, and fluvial geomorphology. E-mail: pengcui@imde.ac.cn